

## 带组织的粒子群优化算法——OPSO

许永峰 张书玲

(西北大学数学系 陕西 西安 710069)

**摘要** 提出了带组织的粒子群优化算法。粒子群优化算法是一种基于群体智能的演化算法,具有良好的优化性能。但由于群体的迅速收敛和多样性低,导致算法早熟收敛。依据人类社会活动的特点,在粒子群中引入组织的概念,定义了组织的优胜劣汰。在组织优胜劣汰的过程中,更新最差组织,进而保持粒子群的多样性,避免算法的早熟收敛问题。仿真实验表明:OPSO比PSO有更好的优化能力。

**关键词** 粒子群优化 演化算法 群体智能 组织

## PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM WITH ORGANIZATION

Xu Yongfeng Zhang Shuling

(Department of Mathematic, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

**Abstract** Particle swarm optimization algorithm with organization (OPSO) is presented. Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm with Organization is an evolutionary algorithm based on population intelligence and exhibits good performance on optimization. However, it will fall into premature convergence due to the fast convergence of population and the decrease of population diversity. Based on the characteristics of human society, organization is added to the OPS algorithm, and survival of the fitter is defined. In the course of survival of the fitter, the worst organization is renovated in order to keep the variety of particle swarm and escape from premature convergence. Experiments show that OPSO outperforms standard PSO.

**Keywords** Particle swarm optimization Evolutionary algorithm Population intelligence Organization

## 0 引言

在诸多演化算法中,粒子群优化算法是一种基于群体智能的演化迭代算法,由Kennedy博士和Eberhart教授源于鸟群和鱼群捕食运动行为的研究而提出的<sup>[1]</sup>。与其它演化算法相比,其具有概念简单、个体数目少、计算容易实现等特点,在各类无约束优化、有约束优化、神经网络、模糊控制、路径规划、多目标优化等问题中均取得了非常好的应用<sup>[2]</sup>。

因PSO算法易陷入局部极值点,人们对PSO的基本算法提出了许多改进的版本。根据粒子自我更新所依据的经验的不同,可将这些方法分成两类:一类是基于全局最优的算法,即粒子依靠自身的最优经验和整个种群的最优经验更新运行位置<sup>[1]</sup>;另一类是基于局部最优的算法,也就是粒子依靠自身的最优经验和其某个邻域中粒子的最优经验更新运行位置<sup>[3,4]</sup>。依据人类的社会活动经验,在粒子群中引入组织的概念(文献[5~7]将组织引入到遗传算法中均取得了良好的效果),进而提出了带组织的粒子群优化算法——OPSO,即粒子的位置更新依赖自身的最优经验和组织的最优经验两个因素,它是一种综合最优算法:组织内部依靠全局最优,组织间为局部最优方法。同时在组织优胜劣汰的过程中,会有新的组织加入,从而保持粒子群的多样性,避免算法的早熟收敛问题。这种算法应用于几个标准函数的优化问题,实验表明OPSO优于基本PSO。

## 1 基本PSO算法

基本PSO常采用下述公式对粒子控制:

$$v_{id}^{k+1} = w^k v_{id}^k + c_1 r_1 (pb_{id}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (gb_{id}^k - x_{id}^k) \quad (1)$$

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \quad (2)$$

其中  $1 \leq d \leq D, 1 \leq i \leq m$ 。

这里对D维问题来讲,取定m个粒子。

初始位置分别为  $X_i^0 = (x_{i1}^0, x_{i2}^0, \dots, x_{iD}^0)$ ;

初始速度分别为  $V_i^0 = (v_{i1}^0, v_{i2}^0, \dots, v_{iD}^0)$ ;

第k+1次迭代时速度为  $v_i^{k+1} = (v_{i1}^{k+1}, v_{i2}^{k+1}, \dots, v_{iD}^{k+1})$ ;

更新位置为  $X_i^{k+1} = (x_{i1}^{k+1}, x_{i2}^{k+1}, \dots, x_{iD}^{k+1})$ ;

粒子的个体最优位置为  $pb_{id}^k = (pb_{i1}^k, pb_{i2}^k, \dots, pb_{iD}^k)$ ;

全体粒子的最优位置为  $gb_{id}^k = (gb_{i1}^k, gb_{i2}^k, \dots, gb_{iD}^k)$ 。

$w^k$  为非负惯性因子; $c_1$ 、 $c_2$  为非负学习因子, $r_1$  和  $r_2$  为[0, 1]之间的随机数。

迭代终止条件一般选为最大迭代次数或离子群迄今为止搜索到最优位置满足预定的最优适应阈值。

## 2 OPSO 算法

### 2.1 组织的定义

组织的定义多种多样,本文是指一些在共同目标指导下协同工作的粒子所组成的集合。这里,我们不去讨论组织的形成、组织内部结构以及其规模,只关心组织中粒子的共同目标。

### 2.2 组织的管理

所谓管理就是组织内部的最优粒子对其余粒子的领导和控制,以保证组织内粒子协同工作,有效地完成组织的目标,使该组织在与其他组织的竞争中处于优势,而不被淘汰。

### 2.3 组织的行为

在由组织组成的群落中,组织之间由于竞争、优胜劣汰的作用,组织应具备以下行为:

(1) 组织的消亡 当组织在竞争中处于劣势时,组织自行消亡;

(2) 组织的新生替代 当有一个组织消亡时,会产生一个新生组织替代消亡组织,以保持群落中组织的数量。

### 2.4 OPS 算法特点

在基本 PSO 收敛过程中,群体多样性会逐渐降低,群体将陷入局部极值点,失去开拓新区域的能力,这就是基本的 PSO 的早熟问题。为了解决这一问题,人们提出了一些改进的方法:在粒子群中引入遗传算法的繁殖和子群思想、模糊 PSO 算法、智能 PSO 算法等。在解决这一问题时,群体也不能始终保持在较大区域,而忽略进一步细化搜索。通过对最差组织的更替,在群体收敛的过程中,不断有新的粒子组织加入,进而保持了粒子群的多样性,也不影响细化搜索能力。

### 2.5 OPSO 算法实现

基于上述的定义,OPSO 算法流程如下:

(1) 初始化具有  $n$  个组织的群落  $O = \{S^l \mid l=1,2,\dots,n\}$ , 每个组织具有  $m$  个粒子  $S^l = \{X_i^l \mid i=1,2,\dots,m\}$ , 并随机确定每个粒子初始位置为  $X_i^0 = (x_{i1}^0, x_{i2}^0, \dots, x_{iD}^0)$ , 每个粒子初始速度为  $V_i^0 = (v_{i1}^0, v_{i2}^0, \dots, v_{iD}^0)$ ,  $D$  为支撑基的维数;

(2) 评价每个组织中的粒子。计算粒子的适应度值,如果优于该粒子当前个体极值,则将  $pbest^l$  设置为该粒子的位置,且更新个体极值;如果组织中所有粒子的个体极值中最优的优于组织当前的极值,则将  $gbest^l$  设置为组织中个体极值中最优的位置,且更新组织极值;

(3) 若群落  $O$  中至少有一个组织极值更新,则组织极值最差的组织淘汰消亡,并随之产生新的组织;否则转步(4);

(4) 粒子更新,用公式(1)、(2)对所有粒子的速度和位置更新;

(5) 检验是否符合结束条件,若符合则输出结果并结束;否则转步(2)。

## 3 仿真实验

本文选取 4 个基准函数<sup>[8]</sup>来验证 OPSO 的性能,它们见表 1。分别取 2 维和 10 维对这 4 个基准函数进行测试,测试结果见表 2。这里,三种算法的群体数量均取 20,PSO 和 OPSO 中取  $c_1 = c_2 = 2.05$ ,  $\omega$  随迭代次数由 0.9 线性减少到 0.4。

表 1 测试函数及其搜索空间和初始化范围

函 数	搜索空间	初始化范围
Sphere 函数: $f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	$[-100, 100]$	$[-50, 50]$
Rosenbrock 函数: $f_2(x) = \sum_{i=1}^{n-1} 100(x_{i+1} - x_i)^2 + (x_i - 1)^2$	$[-100, 100]$	$[-15, 30]$
Griewank 函数: $f_3(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^n (x_i - 100)^2 - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i - 100}{\sqrt{i}}\right) + 1$	$[-100, 100]$	$[-50, 50]$
Rastrigin 函数: $f_4(x) = \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i) + 10]$	$[-100, 100]$	$[-5, 10]$

从表 2 可以看出,对于这 4 个测试函数,本文算法的优化结果均明显优于其它两种算法。特别对于 Griewank 函数和 Rastrigin 函数来讲,本文算法更有良好的优化性能:Griewank 函数相当于在 Sphere 函数中加入了噪音项  $\prod_{i=1}^n \cos[(x_i - 100)/\sqrt{i}]$ , 该项随维数增加趋于 0;而 Rastrigin 函数含有局部极值点,且随维数升高局部极值点也会增加。

表 2 PSO、GA<sup>[8]</sup>和 OPSO 对测试函数 30 次运行后的均值和方差

函数	实验参数		统计特性	PSO	GA	OPSO
	维数	周期				
$f_1(x)$	2	500	均值	$2.9028 \times 10^{-9}$	$2.7894 \times 10^{-8}$	$1.0056 \times 10^{-10}$
			方差	$5.7290 \times 10^{-9}$	$5.5964 \times 10^{-8}$	$1.0869 \times 10^{-15}$
	10	1000	均值	$5.8537 \times 10^{-9}$	$3.8821 \times 10^{-6}$	$1.0068 \times 10^{-10}$
			方差	$1.2977 \times 10^{-9}$	$6.3868 \times 10^{-6}$	$1.1621 \times 10^{-15}$
$f_2(x)$	2	500	均值	0.284	5.741	$1.0490 \times 10^{-8}$
			方差	0.217	9.547	$9.5712 \times 10^{-10}$
	10	1000	均值	5.1958	87.739	0.67239
			方差	3.4202	9.353	1.0168
$f_3(x)$	2	200	均值	$3.715 \times 10^{-3}$	1.095	$1.3422 \times 10^{-3}$
			方差	$3.853 \times 10^{-3}$	0.554	$8.2182 \times 10^{-8}$
	10	1000	均值	$6.4611 \times 10^{-2}$	1.472	$2.8115 \times 10^{-2}$
			方差	$3.1015 \times 10^{-2}$	0.431	$1.0740 \times 10^{-2}$
$f_4(x)$	2	200	均值	0.0845	0.167	$1.0000 \times 10^{-8}$
			方差	0.0671	0.183	$9.0870 \times 10^{-15}$
	10	1000	均值	3.861	6.719	2.3658
			方差	1.118	1.189	1.1722

## 4 结 论

虽然粒子群优化算法对于非线性、不可微和多峰值复杂优化问题的求解提供了一种新的思路和解决方法,但其主要缺点是易陷于局部极值点。OPSO 算法既保持了 PSO 算法的基本结

构又根据人类社会活动的特点,引入了组织的概念,同时在组织优胜劣汰的过程中,为保持组织的数量会有新的组织加入,从而保持粒子群的多样性,避免算法的早熟收敛问题。仿真试验也表明了该算法的有效性。

### 参 考 文 献:

- [1] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization. In: Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Perth Australia, 1995:1942-1948.
- [2] Eberhart R C, Shi Y. Particle swarm optimization: Development, applications and resources. In: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, 2001:81-86.
- [3] Suganthan P N. Particle swarm optimizer with neighbourhood operator. In: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, 1999:1958-1961.
- [4] Kennedy J. Small worlds and mega-minds: effects of neighbourhood topology on Particle swarm performance. In: Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 1999:1931-1938.
- [5] Wilcox J R. Organizational within a learning classifier system. University of Illinois, Illinois, USA, 1995.
- [6] 刘静,钟伟才,刘芳,焦李成.组织协同进化分类算法[J].计算机学报,2003,26(4):446-453.
- [7] 刘静,钟伟才,刘芳,焦李成.组织进化数值优化算法[J].计算机学报,2004,27(2):157-167.
- [8] 潘峰,涂序彦,陈杰,付继伟.协调粒子群优化算法-HPSO[J].计算机工程,2005,31(1):169-171.

(上接第 193 页)

## 3 对非法 VoIP 流的阻断

一旦发现非法经营的 VoIP 网关即可采取适当的措施进行限制,主要有通过降低 VoIP 通话质量和基于 VoIP 信令的干扰两种方法。

语音通信有自己的特点,VoIP 应用的服务质量主要受到四个性能参数的影响:端到端时延、时延抖动、丢包以及失序的包传输。根据以上特点,我们可以对语音通信中适当加入以上的 4 种手段,人为降低 VoIP 的 QoS,方法是在城域网到 CHINANET 的出口路由器上用 ACL 将发送到非法网关的 VoIP 流量采用 CAR 的方式限制其带宽利用,也可以采用策略路由的方式把发送到非法网关的 VoIP 流量导入一条拥塞链路中,人为造成其 QoS<sup>[7]</sup>下降。

此外还可以采用对信令的控制措施,对信令采取丢包措施,可有效降低地 VoIP 接通率,使其用起来非常困难。通过信令干扰行之有效,当用户试图建立 VoIP 连接时,VoIP 网关之间将发出 Setup 信令消息,试图建立 VoIP 连接,当 VoIP 监控系统截获这个消息时。只要将一个的 Release 报文发到 VoIP 网关,即可使连接失败,连接无法建立,VoIP 自然无法使用,从根本上阻断了 VoIP 通信。

## 4 VoIP 检测与分析系统实施效果分析

目前我们对 VoIP 检测与分析系统已经在进行了初步测试,收到了良好的效果。在某一汇聚层路由器入口(汇聚约 5000 个 ADSL 用户)安装专用硬件探针收集 VoIP 信令分析通话情况,

发现有一部分 ADSL 用户正在进行 VoIP 的非法通信运营活动,每天通话次数总数 2000 次左右,通话时间为 7000 分钟左右。

通过一段时间的观察和分析后,开始对一些非法 VoIP 运营者进行封堵,采用了信令干扰的方法,对通话排名前 5 的用户通话进行 100% 的封堵,排名前 20 用户通话的 80% 通话进行封堵。试验一周后发现 VoIP 的流量已经显著下降。然后加大了封堵力度,将排名前 96 的用户进行了封堵,VoIP 的通信量已经显著下降(注:只封堵非法 VoIP 通信,不影响用户正常的上网,也不干扰正常的 P2P 语音通信),如图 3 所示。

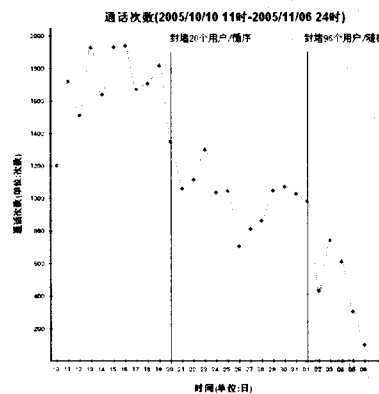


图 3 VoIP 封堵效果分析(通话次数)

## 5 总 结

目前对 VoIP 的看法很多<sup>[8]</sup>,一种观点是认为 VoIP 是属于 Internet 数据业务,其地位等同与 E-Mail 和 HTTP,另一种则持反对观点。传统的观念正在受到极大的挑战,依靠双绞线生存的固定电话运营商将受到前所未有的挑战,各种 P2P 的工具正改变着人们的生活方式,当然 VoIP 是其中重要的组成部分之一,有了 Internet 就会“海内存知己,天涯若比邻”,传统运营商的日子将越来越不好过。但无论如何,在国内对这个争论还未有结论的前提下,通过 VoIP 检测和分析系统,可有效发现地下非法运营的 VoIP 流量,并阻断、保护电信合法语音通信提供商的利益,不失为电信运营商自我保护的手段之一。

### 参 考 文 献

- [1] IETF, H. 323 Standard. <http://www.packetizer.com/voip/h323/standards.html>, 1996-05.
- [2] IETF, SIP: Session Initiation Protocol. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>, 2002-06.
- [3] ITU, Recommendation H. 248. <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.248,2002-03>.
- [4] IETF, Megaco Protocol Version 1.0. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3015.txt>, 2000-11.
- [5] IETF, A Transport Protocol for Real-Time Applications. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>, 1996-01.
- [6] CISCO. NetFlow Performance Analysis. [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk812/technologies\\_white\\_paper0900aecd802a0eb9.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk812/technologies_white_paper0900aecd802a0eb9.shtml).
- [7] CISCO. Quality of Service (QoS) Introduction. [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tsd\\_technology\\_support\\_category\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tsd_technology_support_category_home.html), 2005-07.
- [8] 计世网, 续俊旗. 我国的 VoIP 发展与监管. [http://www.ccw.com.cn/news2/htm2005/20050718\\_092P9.htm](http://www.ccw.com.cn/news2/htm2005/20050718_092P9.htm), 2005-07.